



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 101 11 299 A 1

51 Int. Cl. 7:
G 02 B 26/02
G 03 F 7/20
G 03 B 9/02

21 Aktenzeichen: 101 11 299.8
22 Anmeldetag: 9. 3. 2001
43 Offenlegungstag: 12. 9. 2002

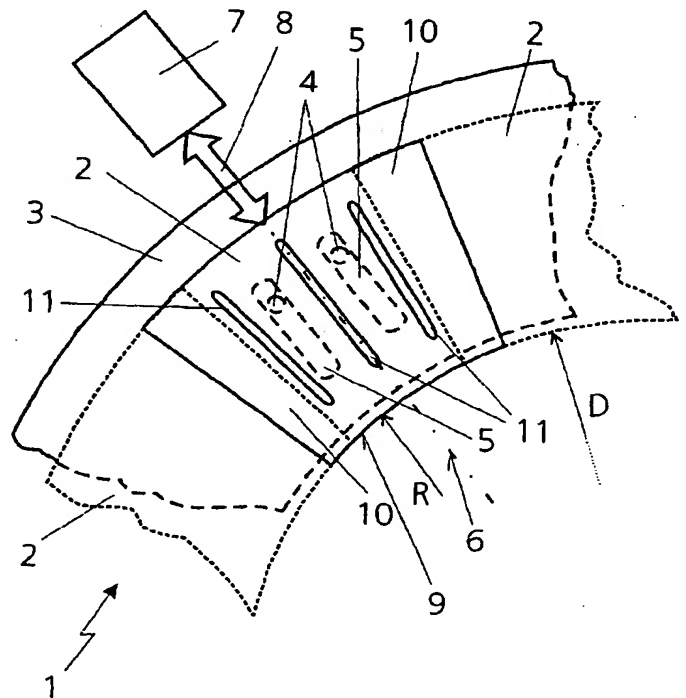
DE 101 11 299 A 1

71 Anmelder:
Carl Zeiss, 89518 Heidenheim, DE
74 Vertreter:
Lorenz und Kollegen, 89522 Heidenheim

72 Erfinder:
Holderer, Hubert, Dipl.-Ing., 89551 Königsbrunn, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- 54 Irisblende
57 Eine Irisblende (1), insbesondere eine Irisblende für ein Belichtungsobjektiv in der Halbleiter-Lithographie, mit mehreren Lamellen, welche mit Führungselementen geführt und durch wenigstens eine Antriebseinrichtung zum Verstellen der Blendenöffnung bewegbar sind. Die Führungselemente (Nut 5, Führungsstift 4) sind so ausgebildet, daß die Lamellen (2) wenigstens annähernd linear in radialer Richtung zu der optischen Achse der Irisblende (1) bewegbar sind.



DE 101 11 299 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Irisblende, insbesondere für ein Belichtungsobjektiv in der Halbleiter-Lithographie, nach der im Oberbegriff von Anspruch 1 näher definierten Art.

[0002] Irisblenden sind allgemein bekannt. Sie weisen Lamellen auf, welche üblicherweise sichelartig ausgebildet sind und sich über eine Drehbewegung um einen festen Punkt der optischen Achse der Irisblende annähern bzw. sich von dieser entfernen. Um bei entsprechend großen Durchmessern der Blenden eine ausreichende Funktionalität zu erreichen, müssen die sichelartig geformten Lamellen dafür relativ lang ausgebildet werden. Dies ist insbesondere dann von Nachteil, wenn ein sehr großer Unterschied zwischen der kleinsten möglichen und der größten möglichen Blendenöffnung erzielt werden soll. Die dann sehr lang ausgeführten Lamellen werden dadurch in nachteiliger Weise sehr anfällig gegen eine Durchbiegung aufgrund ihres Eigengewichts. Dies kann zu Problemen hinsichtlich einer mechanischen Verspannung bzw. einem Klemmen zwischen den einzelnen Lamellen führen, welche die Funktionssicherheit und die Lebensdauer der Irisblende nachteilig beeinträchtigt.

[0003] Der gravierendste Nachteil dieser oben genannten Problematik liegt jedoch darin, daß sich durch die Durchbiegung der Lamellen, die exakte Lage der optisch wirksamen Kante der jeweiligen Blende, also die axiale Lage der Blendenöffnung, gegenüber der vorgeplanten und gewünschten Lage verändert. Bei hochgenauen Abbildungseinrichtungen, wie beispielsweise Belichtungsobjektiven in der Halbleiter-Lithographie, führt dies zu einer nachteiligen Verschlechterung der zu erzielenden Abbildungsqualität.

[0004] Es ist daher die Aufgabe der oben genannten Erfindung, eine Irisblende zu schaffen, welche die oben genannten Nachteile vermeidet und eine konstante axiale Position der Blendenöffnung über deren gesamten Arbeitsbereich sicherzustellen vermag.

[0005] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die im kennzeichnenden Teil von Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

[0006] Durch die Betätigung jeder einzelnen Lamelle wenigstens annähernd linear in radialer Richtung zu der optischen Achse können die erfindungsgemäßen Lamellen sehr kurz ausgebildet werden. Um eine vergleichbare Variation zwischen größtem möglichen und kleinstem möglichen Öffnungsdurchmesser der Blende mit einer herkömmlichen Irisblende zu realisieren, müßten die sichelartig gebogenen Lamellen sehr viel länger ausgebildet werden. Die erfindungsgemäßen Lamellen können dies mit sehr viel kürzeren Längen der Einzellamellen und sehr viel kürzeren Hüben erzielen, so daß hier systembedingt eine weitaus bessere Steifigkeit und damit eine weitaus bessere Genauigkeit der axialen Lage der Blendenebene erreicht werden kann. Außerdem läßt sich dies mit sehr viel leichteren und damit natürlich auch leichter und exakter zu bewegenden Lamellen realisieren.

[0007] In einer besonders günstigen Ausführung der Erfindung können die Lamellen außerdem Versteifungsrippen aufweisen, welche ihre Stabilität weiter erhöhen und die Gefahr einer Durchbiegung weiter verhindern.

[0008] Bei den bisherigen sichelartigen Lamellen war dies nicht möglich, da die Lamellen eine sehr große Überdeckung aufweisen, so daß für einen störungsfreien Betrieb praktisch keine Möglichkeit des Anbringens von Versteifungsrippen blieb. Bei den erfindungsgemäßen radial bewegten Lamellen wird die Überdeckung auf die Randbereiche der Lamelle reduziert, so daß zumindest in dem Mittel-

teil der Lamelle ausreichend Platz für Versteifungsrippen oder dergleichen bleibt. Durch diesen erfindungsgemäßen Aufbau läßt sich also eine ideale Kombination der Eigenschaften steif und dünn erreichen. Die Lamellen erzeugen damit eine sehr genaue optisch wirksame Kante in der exakt erforderlichen axialen Position und lassen sich genau und leicht, ohne daß große mechanische Kräfte erforderlich wären, bewegen.

[0009] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den restlichen Unteransprüchen und dem anhand der Zeichnungen nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispiel.

[0010] Es zeigt:

[0011] Fig. 1 eine erste Ausführungsform einer Lamelle der erfindungsgemäßen Irisblende;

[0012] Fig. 2 eine weitere Ausführungsform einer Lamelle der erfindungsgemäßen Irisblende; und

[0013] Fig. 3 einen Schnitt gemäß der Linie III-III in Fig. 2. In Fig. 1 ist ein Teil einer in ihrer Gesamtheit nicht dargestellten Irisblende 1 zu erkennen. Der hier dargestellte Ausschnitt beschränkt sich auf die prinzipiellste Darstellung einer Lamelle 2 in ihrer Gesamtheit sowie von zwei weiteren teilweise angedeuteten Lamellen 2. Die Lamelle 2 liegt dabei auf einem Blendenboden 3 auf, auf eine Darstellung eines auf der Lamelle 2 angeordneten Gegenstücks wurde hier verzichtet.

[0014] Die Lamelle 2 weist in dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel zwei Führungsstifte 4 auf, welche in zwei Nuten 5 in dem Blendenboden 3 eingreifen. Die Nuten 5 sind dabei parallel zueinander ausgebildet. Eine Symmetrieachse 6, welche den beiden parallel zueinander angeordneten Nuten 5 zugeordnet werden kann, ist dabei wenigstens annähernd radial zur optischen Achse der Irisblende 1 ausgerichtet. Durch das Zusammenspiel der Nut 5 mit dem Führungsstift 4, wobei es natürlich auch denkbar wäre die Nut 5 in der Lamelle 2 anzuordnen, läßt sich ein sehr einfaches, effizientes und gegen Störungen sehr unanfälliges Führungselement realisieren.

[0015] In dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel weist jede der Lamellen 2 eine Antriebseinrichtung 7 auf. Durch diese Antriebseinrichtung 7 ist die Lamelle 2, gegebenenfalls über eine durch den Pfeil 8 hier prinzipiell angedeutete Getriebeeinrichtung, linear entlang der Nuten 5 radial zur optischen Achse bewegbar. Dieser Aufbau gilt analog auch für alle anderen Lamellen 2 der Irisblende 1.

[0016] Durch die lineare Bewegung jeder einzelnen der Lamellen 2 läßt sich so ein Öffnungsdurchmesser D der Irisblende 1 verändern. Dadurch, daß jede einzelne der Lamellen 2 der Irisblende 1 über eine eigene Antriebseinrichtung 7 verfügen kann, ist hierbei eine sehr große Variabilität möglich, so daß sich nicht nur Blendenöffnungen realisieren lassen, welche sich zumindest grob an dem Idealbild einer kreisförmigen Öffnung orientieren, sondern es lassen sich auch andersartige Blendenöffnungen, beispielsweise elliptische, ovale oder rechteckige Öffnungen, verwirklichen.

[0017] Die Lamellen 2 können dabei an ihren Enden 9 grundsätzlich gerade, also in einem Winkel von 90° zu ihrer Bewegungsrichtung enden. Um bei sämtlichen Öffnungsdurchmessern D der Blendenöffnungen jedoch eine vergleichsweise gute Gestaltung der Kanten der Blendenöffnungen zu erreichen, können die Lamellen 2 an ihren Enden 9 in Richtung der optischen Achse jedoch auch, wie hier dargestellt, kreissegmentförmig ausgebildet sein. Ein Radius R dieser kreissegmentförmigen Enden 9 der Lamellen 2 ist dabei in besonders günstiger Weise so gewählt, daß er zwischen dem Radius der größten möglichen Blendenöffnung und dem Radius der kleinsten möglichen Blendenöffnung angeordnet ist.

[0018] Außerdem ist in Fig. 1 erkennbar, daß die Lamellen 2 bei der linearen Bewegung in radialer Richtung zur optischen Achse vergleichsweise geringe seitliche Überdeckungen 10 aufweisen. Dies ermöglicht es, im Bereich zwischen den Überdeckungen 10 jeder der Lamellen 2 eine oder mehrere Versteifungsrippen 11 anzuordnen. Durch die in radialer Richtung zur optischen Achse vergleichsweise kleine Ausdehnung der Lamellen 2 ist eine Durchbiegung der Lamellen 2 aufgrund ihres Eigengewichts ohnehin nur in sehr geringem Umfang vorhanden. Durch die Versteifungsrippen 11 läßt sich diese Restdurchbiegung weiter minimieren. Es entsteht damit eine Irisblende 1 mit zumindest im Bereich ihrer Enden 9, bis in welchen die Versteifungsrippen 11 natürlich nicht reichen, sehr dünnen und exakten Lamellen 2, welche hinsichtlich der axialen Lage ihrer Blendenöffnung bzw. der Enden 9 der Lamellen 2 sehr exakt und reproduzierbar arbeitet.

[0019] Um dieses möglichst exakte Arbeiten der Irisblende 1 weiter zu unterstützen, kann es vorgesehen werden, die Führungsstifte 4 in den Nuten 5 über Wälzlagerelemente (hier nicht dargestellt) zu lagern, so daß durch Reibung auftretende mechanische Verspannungen in der jeweiligen Lamelle 2 weiter reduziert werden können.

[0020] In Fig. 2 ist nun eine weitere Ausführungsform der Irisblende 1 durch einen dargestellten Teilbereich desselben angedeutet. Auf der dem Blendenboden 3 abgewandten Seite der Lamellen 2 ist dabei ein Führungsring 12 angeordnet. In dem Führungsring 12 ist eine als Kurvenbahn ausgebildete Führungsnut 13 zu erkennen. Über die Antriebseinrichtung 7 ist der Führungsring 12 gegenüber dem Blendenboden 3 verdrehbar ausgebildet. Durch ein solches Verdrehen des Führungsringes 12 gegenüber dem Blendenboden 3 werden zwei weitere Führungsstifte 4' der Lamelle 2 in der Führungsnut 13 in der Art geführt, daß es zu einer Bewegung der Lamelle 2 kommt. Durch die Nut 5 in dem Blendenboden 3, welche hier als einzige Nut 5 in wenigstens annähernd radialer Richtung zu der optischen Achse ausgebildet ist, wird die Bewegung der Lamelle 2 über den in dieser Nut 5 angeordneten Führungsstift 4 so beeinflusst, daß auch hierbei wieder eine lineare Bewegung der Lamelle 2 in radialer Richtung zu der optischen Achse erreicht wird.

[0021] Durch die Bewegung, welche hier durch die Führungsnut 13 in dem Führungsring 12 auf die Lamellen 2 übertragen wird, sind selbstverständlich nur durch die Kurvenbahn vorgegebene Bewegungen aller vorhandener Lamellen 2 gleichzeitig möglich. Insbesondere bietet sich dies an, wenn eine Irisblende 1 mit annähernd kreisförmiger Gestalt der Blendenöffnung eingesetzt werden soll. Auch für diese Irisblende 1 entstehen dann die oben genannten besonders günstigen Eigenschaften hinsichtlich der axialen Lage der Blendenöffnung bzw. der Enden 9 der Lamellen 2.

[0022] Die Lagerung jeder der Lamellen 2 an den beiden Punkten 4' in der Führungsnut 13 erlaubt es dabei den Blendenboden 3 mit nur einer Nut 5 zu versehen und diesen hinsichtlich seiner mechanischen Stabilität sehr fest auszuführen. Dadurch können Deformationen und dergleichen, welche auf den Blendenboden 3 und damit die Irisblende 1 selbst wirken, minimiert werden. Besonders günstig für die Ausgestaltung der Führungsnut 13 ist es dabei, wenn die gedachte Verbindungslinie zwischen den beiden Führungsstiften 4' wenigstens annähernd senkrecht zu der in radialer Richtung zu der optischen Achse verlaufenden Nut 5 ausgebildet ist. Mit diesem symmetrischen Aufbau lassen sich entsprechende Vereinfachungen der Führungsnut 13 und entsprechende Erleichterungen bei der Herstellung der Lamellen 2 mit deren Führungsstiften 4, 4' erreichen. Durch den symmetrischen Aufbau kann außerdem die Genauigkeit der durch die Führungsnut 13 auf die Lamellen 2 übertra-

gene Bewegung verbessert werden.

[0023] Die in Fig. 2 dargestellte Ausgestaltung der Führungsnut 13 sieht dabei vor, daß der Führungsring 12 immer nur in eine Richtung bewegt werden muß, wobei die Lamellen dann eine oszillierende Bewegung hinsichtlich des Öffnungsdurchmessers D der Blendenöffnung ausführen. Wie dies in der nicht vorveröffentlichten DE 10 01 6925.2 bereits beschrieben ist, bestehen hierdurch entsprechende Vorteile hinsichtlich der Lebensdauer der Irisblende 1.

[0024] Neben dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel wäre es durchaus auch denkbar, eine Lagerung jeder einzelnen der Lamellen 2 in zwei parallelen Nuten 5, deren Symmetrieachse in radialer Richtung zu der optischen Achse verläuft, vergleichbar zu Fig. 1, eine Bewegung mit einem Führungsring 12 und einer Führungsnut 13 zur Übertragung der Bewegung der Antriebseinrichtung 7 auf die Lamellen 2 zu realisieren. Dann würde es ausreichen, wenn die Lamelle 2 mit einem Führungsstift 4' in die Führungsnut 13 des Führungsringes 12 eingreift. Um eine vergleichbare Bewegung wie bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel zu erreichen, müßte die Führungsnut 13 entsprechend anders ausgebildet sein. Die in der Führungsnut 13 vorliegenden Perioden der Kurvenbahn würden sich entsprechend verdoppeln, wodurch die Steigungen der einzelnen Abschnitte der Kurvenbahn der Führungsnut 13 flacher würden. Damit könnten Reibung und die Gefahr von mechanischen Verspannungen zwischen dem Führungsstift 4' und der Führungsnut 13 weiter reduziert werden. Lebensdauer und Arbeitsgenauigkeit der Irisblende 1 könnten nochmals gesteigert werden. Hinsichtlich der Betätigungssicherheit und der Gefahr eines seitlichen Verkippen der Lamelle 2 wäre dieser Aufbau ebenfalls sehr günstig.

[0025] Fig. 3 zeigt einen prinzipiell angedeuteten Schnitt gemäß der Linie III-III in Fig. 2. Hierbei ist nochmals erkennbar, wie der Führungsstift 4 der Lamelle 2 der Nut 5 bewegbar angeordnet ist, während der Führungsstift 4' in der Führungsnut 13 des Führungsringes 12 läuft. Außerdem ist erkennbar, daß zwischen dem Blendenboden 3 und dem Führungsring 12 ein entsprechender Abstand vorgesehen ist, so daß die eingangs bereits erwähnten Versteifungsrippen 11 auf dem von eventuellen Überdeckungen 10 der einzelnen Lamellen 2 nicht betroffenen Mittelteil der Lamellen 2 ausgebildet werden können, so daß die Steifigkeit der Lamellen 2 weiter erhöht werden kann. Außerdem ist in Fig. 3 erkennbar, daß die Führungsstifte 4, 4' in idealer Weise möglichst annähernd senkrecht zu der Hauptebene der Lamellen, und damit zu der Blendenebene ausgerichtet sind, so daß Verspannungen zwischen den Führungsstiften 4, 4' und der Nut 5 bzw. der Führungsnut 13 leicht vermieden werden können. Wie bereits eingangs erwähnt, können außerdem hier nicht dargestellte Wälzlagerelemente zwischen den Führungsstiften 4, 4' und der Nuten 5 bzw. der Führungsnut 13 angeordnet sein.

[0026] Selbstverständlich sind darüberhinaus auch andere Führungselemente denkbar. Beispielsweise könnten zwei parallel auf einer gemeinsamen Achse angeordneten Räder oder Ritzel auf jede der Lamellen 2 wirken (nicht dargestellt), womit sich die Lamelle 2 nur noch in Richtung parallel zu den Ritzeln oder Rändern bewegen könnte. Beim Einsatz von Ritzeln mit korrespondierenden Zahnstangen auf den Lamellen 2, oder bei entsprechenden Rädern mit großer Reibung gegenüber der Lamelle 2, könnte über die Ritzel oder Räder der Antrieb der jeweiligen Lamelle 2 erfolgen. Beim Einsatz der Zahnstangen bzw. Verzahnungen könnte durch diese auch noch eine Versteifung der Lamelle 2 erzielt werden, da die Zahnstangen zusätzlich wie die Versteifungsrippen 11 wirken.

1. Irisblende, insbesondere für ein Belichtungsobjektiv in der Halbleiter-Lithographie, mit mehreren Lamellen, welche mit Führungselementen geführt und durch wenigstens eine Antriebseinrichtung zum Verstellen der Blendenöffnung bewegbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Führungselemente (Nut 5, Führungsstift 4) so ausgebildet sind, daß die Lamellen (2) wenigstens annähernd linear in radialer Richtung zu der optischen Achse der Irisblende (1) bewegbar sind. 5
2. Irisblende nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jede der Lamellen (2) einzeln antreibbar ist.
3. Irisblende nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, als Führungselement wenigstens eine Nut (5) mit wenigstens einem Führungsstift (4, 4') korrespondiert, wobei sich die Nut (5) wenigstens annähernd radial zur optischen Achse der Irisblende (1) erstreckt. 10
4. Irisblende nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Lamellen (2) auf ihrer einem Blendenboden (3) abgewandten Seite in einem Führungsring (12) mit wenigstens einer Führungsnut (13) gelagert sind, wobei die wenigstens eine Führungsnut (13) als Kurvenbahn ausgebildet ist, daß durch ein Verdrehen des Führungsrings (12) und des Blendenbodens (3) gegeneinander, über die wenigstens eine Antriebseinrichtung (7), die Lamellen (2) bewegbar sind. 15
5. Irisblende nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß jede der Lamellen (2) an wenigstens zwei Punkten (Führungsstifte 4') in der wenigstens einen Führungsnut (13) und in jeweils genau einer radial zu der optischen Achse angeordneten Nut (5) geführt ist. 20
6. Irisblende nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine gedachte Verbindung zwischen den wenigstens zwei Punkten (Führungsstifte 4') wenigstens annähernd senkrecht zu der Nut (5) ausgebildet ist. 25
7. Irisblende nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß jede der Lamellen (2) an einem Punkt (Führungsstift 4') in der wenigstens einen Führungsnut (13) und in jeweils zwei wenigstens annähernd parallel zueinander angeordneten Nuten (5) deren Symmetrieachse (6) radial zu der optischen Achse ausgebildet ist, geführt ist. 30
8. Irisblende nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Lamellen (2) Versteifungsrippen (11) aufweisen. 35
9. Irisblende nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens eine Führungsstift (4, 4') über Wälzlager Elemente in der wenigstens einen Nut (5) und/oder der wenigstens einen Führungsnut (13) gelagert ist. 40
10. Irisblende nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Ende (9) jeder der Lamellen (2) in Richtung der optischen Achse kreissegmentförmig ausgebildet ist, wobei der Radius (R) dieser Kreissegmente zwischen dem Radius der größten möglichen und dem Radius der kleinsten möglichen Blendenöffnung liegt. 45
11. Irisblende nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Blendenöffnung von einer Kreisform verschieden ist. 50
12. Irisblende nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Blendenöffnung elliptisch ist.
13. Irisblende nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Blendenöffnung rechteckig ist. 55
14. Irisblende nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Enden (9) der Lamellen (2) so ausgebildet sind, daß ihre Form zwischen der 60

- Leerseite -

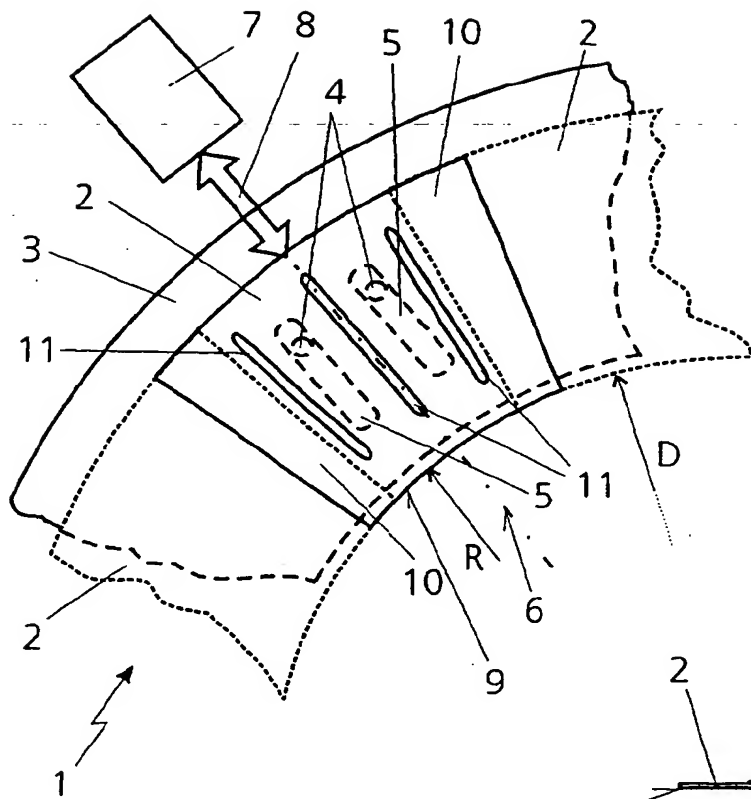


Fig. 1

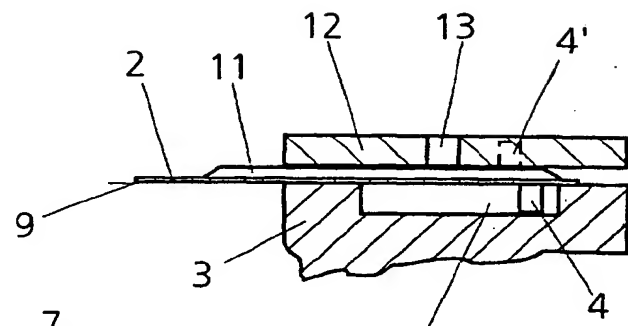


Fig. 3

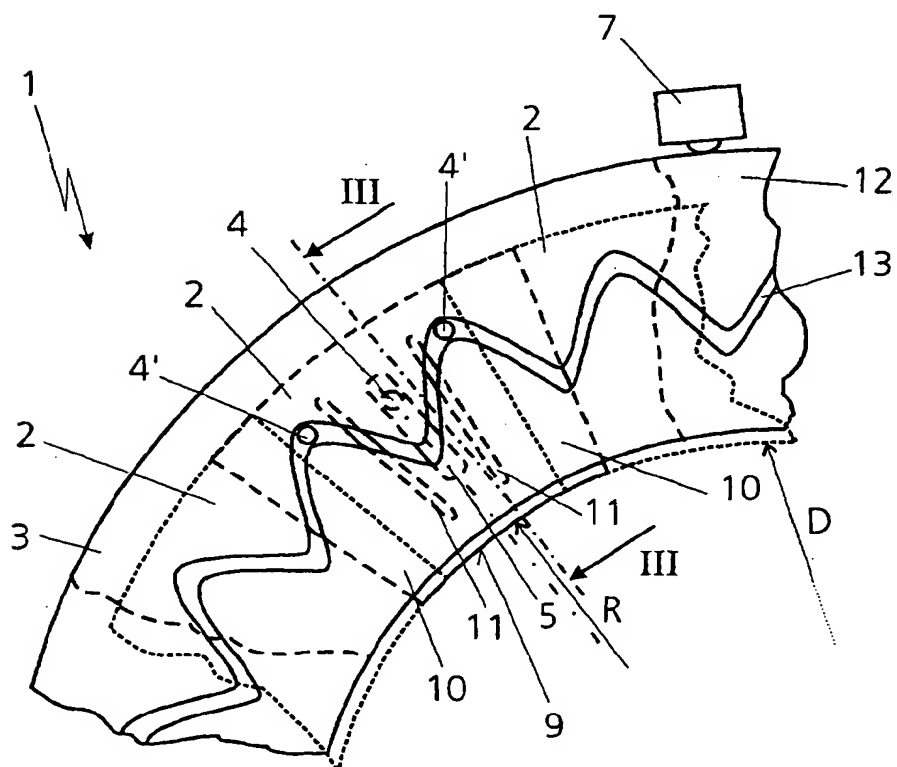


Fig. 2